

基于GMS的固废垃圾填埋场地下水环境影响评价

张小林, 王小明

广东省地质物探工程勘察院, 广东 广州

收稿日期: 2022年7月21日; 录用日期: 2022年8月23日; 发布日期: 2022年8月31日

摘要

本文以某垃圾填埋区固体填埋项目为研究对象, 在完成野外水文地质调查和勘察的基础上, 建立了研究区的地下水数值模型, 利用数值模拟软件GMS对垃圾填埋区的特征离子化学需氧量进行了模拟和预测。结果显示, 填埋区在污染物持续泄露情况下会随着地下水流的运动呈现逐渐增大的趋势, 污染下游地下水。因此, 基于数值模拟软件的预测结果, 会对项目区地下水环境预测和防治保护提供技术支撑。

关键词

危废填埋场, 地下水, 环境影响评价, GMS

Groundwater Environmental Impact Assessment of Solid Waste Landfill Based on GMS

Xiaolin Zhang, Xiaoming Wang

Guangdong Geological and Geophysical Engineering Exploration Institute, Guangzhou Guangdong

Received: Jul. 21st, 2022; accepted: Aug. 23rd, 2022; published: Aug. 31st, 2022

Abstract

This paper takes a solid accumulation project in a landfill area as the research object. On the basis of completing the field hydrogeological survey and survey, a numerical model of groundwater in the study area is established. The numerical simulation software GMS is used to analyze the characteristic ion chemical requirements of the landfill area. Oxygen levels were simulated and pre-

dicted. The results show that the landfill area will gradually increase with the movement of groundwater flow under the condition of continuous leakage of pollutants, polluting the downstream groundwater. Therefore, the prediction results based on the numerical simulation software will provide technical support for the prediction, prevention and protection of groundwater environment in the project area.

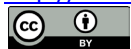
Keywords

Hazardous Waste Landfill, Groundwater, Environmental Impact Assessment, GMS

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着人民生活水平的提高以及国家经济快速发展,人们生产生活中造成的垃圾堆填物越来越多。其中对垃圾填埋无害化处理以及危险物质资源整合是一种比较常见的方式[1]。但是填埋区生产运营过程中会产生大量的高浓度渗滤液,如果渗滤液发生泄露,将会对地下水产生污染,对环境造成不同程度的影响[2]。针对固体废弃填埋场地下水环境影响评价方法,通常采用解析法及数值法进行模拟分析[3]。因此,本文通过调查研究区水文地质资料,通过GMS软件建立了地下水数值模型,研究垃圾填埋区渗滤液在地下水中运动的规律,从而判断垃圾填埋区对地下水环境的影响,这将对项目建设和地下水环境保护具有重要意义。

2. 研究区概况

2.1. 拟建项目概况

研究区垃圾填埋区用地红线面积0.054 km²,填埋区建设项目内容包括渗滤液收集池、填埋区,生产办公系统和其它配套设施,本次模拟分析对象为固体填埋区。

2.2. 水文地质条件

2.2.1. 研究区地层岩性

研究区地层主要由第四系(Q⁴)土层和白垩纪三水组(K_{ssh})沉积岩组成,第四系土层由人工填土层、冲(淤)积层(Q^{al})和残积层(Q^{el})组成,下覆基岩为砂岩。

2.2.2. 地下水类型及富水性

通过野外水文地质调查研究,区内地下水类型主要为松散岩类孔隙水和层状基岩裂隙水。第四系松散孔隙水径流较缓慢,富水性较好,主要以渗流形式向附近地势低洼的河谷、鱼塘排泄。层状基岩裂隙水主要赋存于基岩风化节理裂隙中,地下水位埋藏较深,富水性较差。

2.2.3. 地下水的补给、径流、排泄条件

研究区处于亚热带季风气候区,雨量充沛,地下水的主要补给来源为大气降水,研究区及附近江河等地表水体是浅层地下水主要补给来源。此外,渠道水网的渗入补给也是其重要补给来源,第四系孔隙水动态受降雨量和地表积水影响明显,补给来源主要为大气降水和河涌、鱼塘地表水体。层状基岩裂隙水主要补给来源为侧向补给渗流及地下水垂向入渗。

3. 数值模型建立

3.1. 水文地质概念模型拟

研究区模拟计算范围以拟建项目红线向四周外扩至一个完整的水文地质单元, 北面以北江为界, 南边以大雁河为界, 其他未定义边界为零通量隔水边界, 实际地下水模拟范围比厂界红线范围大。由于松散岩类孔隙水与层状基岩裂隙水之间水力联系紧密, 因此将研究区内松散岩类孔隙水和层状基岩裂隙水含水层概化为一层, 模型底板以中微风化砂岩为界, 模型顶部为地表。研究区模拟水文地质边界范围见图 1。

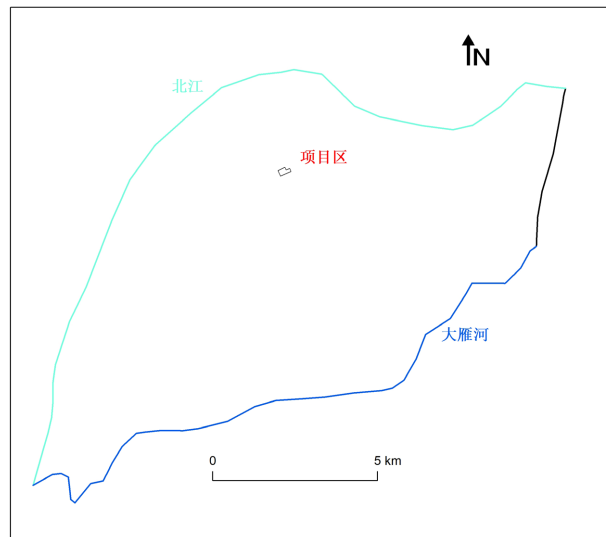


Figure 1. Schematic diagram of the boundary of the hydrogeological unit in the simulation calculation area
图 1. 模拟计算区水文地质单元边界示意图

3.2. 数值模型

3.2.1. 水流模型

通过概化根据研究区的水文地质边界条件和含水层特征, 其水流数值模型为三维非均质各向同性稳定流地下水水流[4], 计算公式如下:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial H}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial H}{\partial z} \right) + w = \mu_s \frac{\partial H}{\partial t} \quad (1)$$

$$H(x, y, z, 0) = H_0, \quad (x, y, z) \in \Omega \quad (2)$$

$$H(x, y, z, t) = H_1, \quad (x, y, z) \in S_1 \quad (3)$$

式中, Ω : 地下水渗流区域, 量纲: L^2 ;

H_0 : 初始地下水位, 量纲: L ;

H_1 : 指定水位, 量纲: L ;

S_1 : 第一类边界;

μ_s : 单位储水系数, 量纲: L^{-1} ;

K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} : 分别为 x 、 y 、 z 主方向的渗透系数, 量纲: LT^{-1} ;

w : 源汇项, 包括蒸发, 降雨入渗补给, 井的抽水量, 量纲: T^{-1} ;

$q(x, y, z, t)$: 表示在边界不同位置上不同时间的流量, 量纲: L^3T^{-1} ;

$\frac{\partial H}{\partial n}$: 表示水力梯度在边界法线上的分量。

3.2.2. 溶质运移数学模型

溶质运移的三维数学模型如下[5]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{xx} \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{yy} \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{zz} \frac{\partial c}{\partial z} \right) - \frac{\partial(\mu_x c)}{\partial x} - \frac{\partial(\mu_y c)}{\partial y} - \frac{\partial(\mu_z c)}{\partial z} + f \quad (4)$$

$$c(x, y, z, 0) = c_0(x, y, z), \quad (x, y, z) \in \Omega, \quad t = 0$$

式中, 右端前三项为弥散项, 后三项为对流项, 最后一项为由于化学反应或吸附解析所产生的溶质的增量; D_{xx} 、 D_{yy} 、 D_{zz} 分别为 x 、 y 、 z 三个主方向的弥散系数; μ_x 、 μ_y 、 μ_z 为 x 、 y 、 z 方向的实际水流速度; c 为溶质浓度, 量纲: ML^{-3} ; Ω 为溶质渗流的区域, 量纲: L^2 ; c_0 为初始浓度, 量纲: ML^{-3} 。

上述数学控制方程的求解采用由美国杨百翰大学与美国军队排水工程试验工作站联合研发出来的 GMS (Groundwater Modeling System) 软件[6], 由于 GMS 软件具有良好的使用界面, 强大的前处理、后处理功能及优良的三维可视效果, 目前已成为国际上最受欢迎的地下水模拟软件。

3.2.3. 水文地质参数选取

水文地质参数的选取是地下水模拟的重要一个环节, 其准确性对地下水模型的收敛性及可信度具有重要影响[7]。本次地下水模型松散孔隙含水层渗透系数取值 8.35 m/d, 给水度取值 0.04, 有效孔隙度取值 0.26, 纵向弥散度取值 10, 横向弥散度取值 1, 模型其它所需要的参数参考水文地质手册及本地区相关经验值[8]。

4. 地下水流数值模拟

4.1. 模型网格剖分

通过对研究区水文地质边界范围的研究, 模型横向和纵向共剖分 100 行和 100 列, 最后得出总的有限单元网格 11,800 个, 模拟区边界网格剖分示意图见图 2。

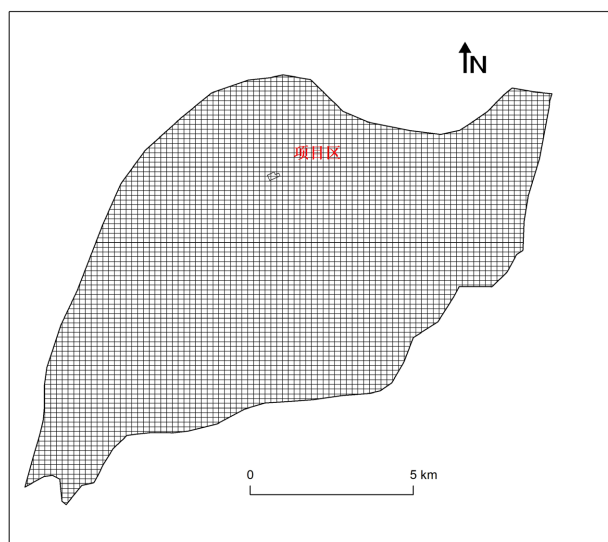


Figure 2. Schematic diagram of model meshing
图 2. 模型网格剖分示意图

4.2. 源汇项处理

根据研究区水文地质边界条件的概化, 地下水模拟为一层含水层, 模型地下水补给来源主要为大气降水, 其次为河流, 排泄方式主要为人工开采和侧向径流排泄。根据概化模型, 地下水模型的补给和排泄边界通过数值模拟软件赋值到模型中, 其中河流采用 RIVER 包, 降雨采用 Recharge 子程序包, 人工开采和排泄用 Pumping Well 子程序包, 模型中不赋值条件即默认为隔水边界[9]。

4.3. 参数识别与模型校验

模型运行成功后需要对模型进行验证, 查看模型是否合理[10], 本次模型将相关参数输入到模型之后, 将实测水位与模拟水文进行对比, 通过不断调整模型各项水文地质参数拟合实际平面地下水流场, 最终得到图 3 的模拟结果与实测结果对比值, 从平面流场可以看出拟合情况较好。模拟的地下水平面流场和实际平面流场相近, 反映了模拟区的地下水运动特征, 模型可以作为后期污染物运行的基础水流模型。

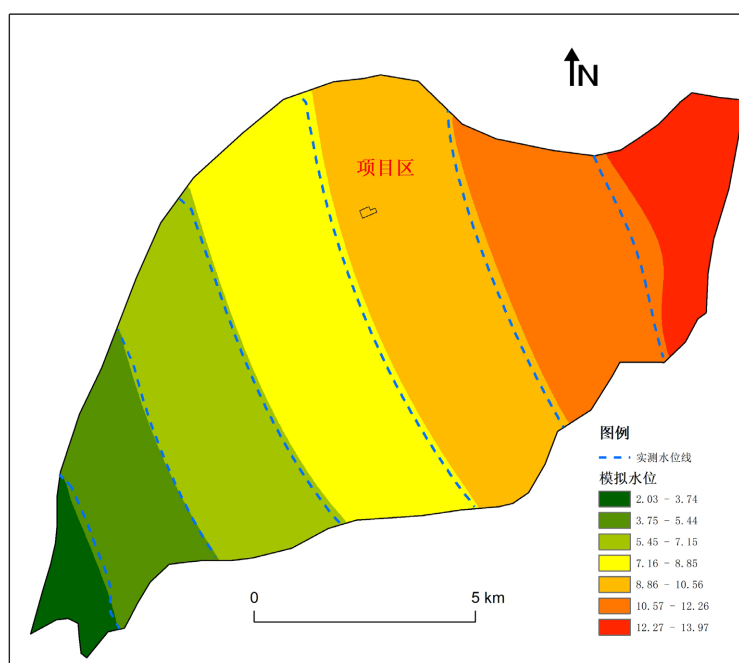


Figure 3. Fitting diagram of groundwater level flow field
图 3. 地下水平面流场拟合图

5. 地下水溶质运移模拟

5.1. 预测情景设置

① 正常状况

拟建填埋区对厂区内各地下水重点污染区、一般污染区进行了防渗处理, 污染源从源头上可以得到控制。在正常状况下, 拟建项目产生的污染物从源头和末端均得到控制, 池体和地面经防渗处理, 没有污染地下水的通道, 污染物污染地下水的概率很小。

② 非正常状况

非正常状况是指固体填埋区出现防渗面破损, 渗滤液通过包气带进入地下水, 对地下水产生污染及下游居民生产生活产生不利影响。考虑到污染物的特殊性同时考虑污染物的浓度大小, 本次模拟选

取化学需氧量 COD 作为模拟因子, 预测其非正常情况下泄露到地下水中对其下游环境造成的危害。模拟污染物为连续恒定排放的面源, 泄漏污水量为 20 m³/d, 持续时间为 10 年, COD 泄漏的初始浓度为 150 mg·L。

5.2. 模拟条件概化

本次模拟为非正常情况下污染物进入地下水中的模拟情况, 红线区域填埋区污染物设置为面源污染, 模拟结果见图 4。

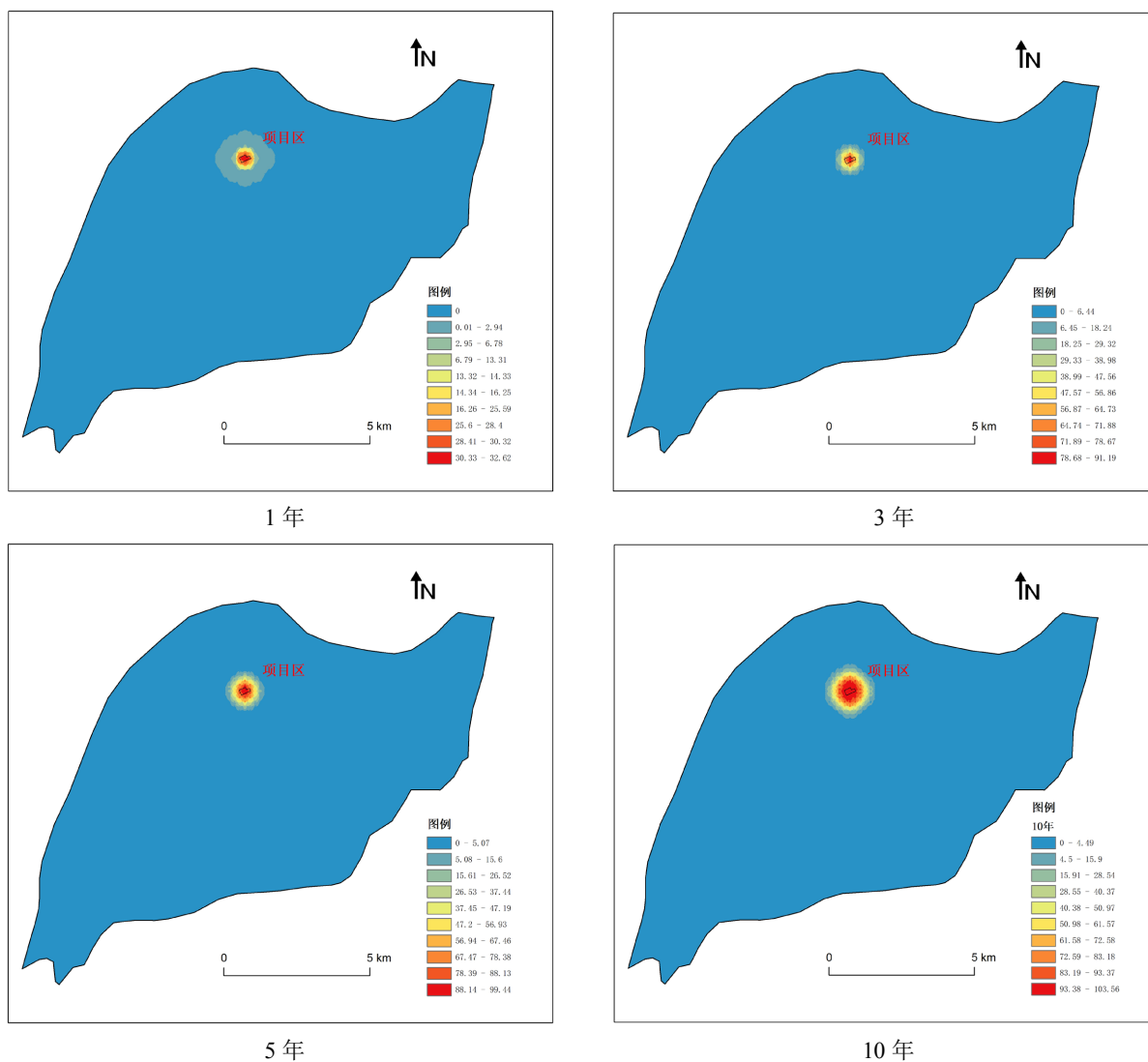


Figure 4. Concentration distribution of characteristic ion COD migration plane

图 4. 特征离子 COD 不同时间段运移平面浓度分布

5.3. 预测结果及评价

从上面预测结果可以看出, 在填埋区污水泄漏情景下, 污染物运移过程中随着水流的对流弥散作用, 填埋区 COD 浓度在逐渐增大, 最后趋于稳定。由预测结果可知泄露事故发生后, COD 虽会对填埋区附近地下水产生一定影响, 但影响范围有限。

6. 结语

污染物在水动力条件作用下主要由东北向西南方向运移。考虑最不利状况项目区固体填埋物渗滤液渗漏情景下, 可以看出地下水中污染物随着地下水的对流和弥散作用逐渐向下游扩散, 会对下游地下水环境产生影响, 但扩散范围有限。基于 GMS 软件对研究区地下水流场进行模拟研究, 可以客观的得出地下水中特征污染物的迁移规律, 可评价其对下游地下水环境的敏感程度, 从而为项目是否可行和对地下水污染管理控制具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 赵卫东, 魏超, 卫佳佳, 姜琼, 章浩南. 基于 GIS 的垃圾填埋场渗滤液环境影响评价[J]. 安全与环境学报, 2019, 19(4): 1431-1438.
- [2] 梅杰, 刘国东, 夏成城, 胡月, 刘稳. 数值法与解析法在地下水环境影响评价中的应用研究[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(8): 107-112.
- [3] 吴鹏飞, 彭展, 陈小婷. 基于 GMS 的数值模拟在某化工园地下水环境影响评价中的应用[J]. 资源环境与工程, 2017, 31(6): 728-734.
- [4] 陈戈. GMS 在地下水环境影响评价中的应用——以某焦化厂为例[J]. 地质灾害与环境保护, 2018, 29(2): 66-76.
- [5] 李立军, 王延亮, 胡婧敏, 马力, 赵彦宁, 陈初雨, 王怀远, 宇庆华, 孙春. GMS 在地下水环境影响评价中的应用[J]. 吉林地质, 2014, 33(4): 73-76.
- [6] 王成都, 孙冉, 姚端阳, 高威. 西南岩溶区火电厂项目地下水环境影响评价[J]. 环境科学与技术, 2015, 38(S2): 379-382.
- [7] 吴开庆, 楚敬龙, 张弛, 林星杰, 刘芳. 某铜冶炼厂废水泄漏地下水环境影响分析及应急处置效果预测[J]. 有色金属工程, 2019, 9(12): 119-124.
- [8] 万平强, 周礼亚. 基于 GMS 模拟某磷矿开采期内地下水中总磷迁移转化规律[J]. 有色金属(矿山部分), 2021, 73(4): 117-122.
- [9] 徐敏. 基于 GMS 的再生金属项目地下水环境影响预测[J]. 资源节约与环保, 2022(3): 8-10+14.
- [10] 梁川, 邹安权, 郭昆, 彭进生. 基于 GMS 的某生活垃圾填埋场地下水环境影响数值模拟[J]. 资源环境与工程, 2016, 30(6): 872-875.